

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.01.016

家用电器待机功耗测试研究

蔡永华¹, 蒋俞琴², 唐仁幸¹

(1. 浙江省检验检疫科学技术研究院, 浙江 杭州 311215; 2. 浙江立德产品技术有限公司 浙江 杭州 311215)

摘要:针对家用电器待机功耗精确测量问题,对电器样品的电路特性与功率计电流量程选取的关系、功率计接线方式选取及其功率修正方法等方面进行了研究,提出了功率计电流量程和接线方式的选取原则。并按照 IEC62301-2011 家用电器待机功耗测量方法要求,通过测试实例对待机功耗测量允许误差和测量误差进行了计算和分析。研究结论表明,待机功耗的测量精度与被测样品的电路特性相关,如波峰因数、功率因数等,且不能用仪表精度加以直接表述,因此其符合性应通过计算测量结果的误差进行判定。该结论有助于实现待机功耗测试的标准化和规范化。

关键词:家用电器;待机功耗;功耗测量;最大电流功率比;标准化。

中图分类号:TM933.3

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)01-0079-04

Standby power measurement research of household electrical appliances

CAI Yong-hua¹, JIANG Yu-qin², TANG Ren-xing¹

(1. Zhejiang Academy of Science of Technology for Inspection & Quarantine, Hangzhou 311215, China;

2. Zhejiang Lead Product Technic Co., Ltd., Hangzhou 311215, China)

Abstract: Aiming at measurement of house electrical appliance standby power, study on relationship between EUT circuit characteristics and selection of power meter, power meter wiring mode and test result correction method was carried. Principle of selection for current scale and wiring mode of power meter was presented. Allowable error and measurement error requirement and computational method were given by some test cases according test method of IEC62301-2011 house electrical appliances-measurement of standby power. The results indicate that accuracy of standby power test is closely related to EUT circuit characteristics and can not be expressed by the precision of the instruments directly, so its compliance should be determined by calculating error of the result. The research conclusion is useful for normalization and standardization of low standby power measurement.

Key words: household electrical appliances; standby power consumption; standby power measurement; MCR; product standardization.

0 引言

随着互联网+家电的深入推广,目前城市家庭的家电产品逐步从传统家电向新式智能家电推进,新的热点给家电研发、生产和销售注入了新的活力。

待机功耗一直是业内关注的一个焦点问题,国外主要国家对入境产品的待机功耗都有严格的要求^[1],大部分国家遵从国际“1 W”倡议,但欧盟、加拿大要求入境家用电器和消费类产品的待机功耗不大于 0.5

W,对于带网络模式的可放宽至不大于 1 W,澳大利亚和新西兰要求,关机功耗不大于 0.3 W,待机功耗不大于 1 W,这些国家和地区的对待机功耗都提出比 1 W 更高要求。我国对家用电器待机功耗虽没有单独给出限定值,但对于常见家用电器都结合在产品能效标准中给出。IEC62301-2011 家用电器待机功耗测量方法,对待机功耗测试环境条件、仪器精度、电器状态、测试方法和测量结果不确定度都做了详细的规定。但家电待机工作电流为非正弦电流,对其功率以及功率因

收稿日期:2016-06-07

作者简介:蔡永华(1978-),男,浙江温岭人,高级工程师,主要从事电器产品安全、能效 EMC 测试和认证方面的研究。E-mail: wlcaiyh@126.com

数的测量复杂^[2-4],在实际测试中存在一些问题。

本研究将从待机功耗测试过程入手,分析样品电路特性与功率计电流量程选取的关系、功率计接线方式选取及其功率修正方法、待机功耗测量不确定度要求及其评定方法,并给出待机功耗测试实例,研究结果对家用电器待机功耗规范测试会有一定的指导意义。

1. 家电待机功耗测试特点分析

目前国内谐波标准对家用电器产品谐波要求相对宽松^[5],各厂家出于成本考虑不会在产品中安装 APFC 滤波器^[6]。待机是电器产品运行的特殊状态,功能电路没有启动,电路处于非匹配状态运行,导致电路功率因数低、电流波形畸变严重,譬如 EMC 滤波电路会导致待机电流的增大,功率因数降低,开关电源的滤波的电容导致电流畸变,波峰因数增大^[7]。家电待机状态典型的电压电流波形如图 1 所示。

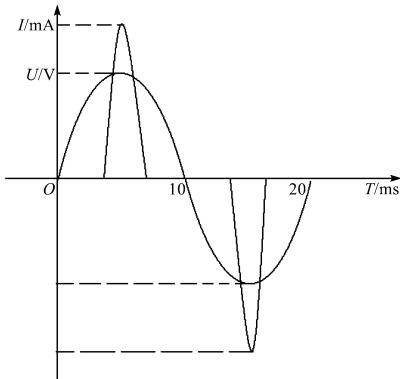


图 1 典型家电待机电压电流波形

功率测量是通过电压和电流数字采样,经计算功率值,电流幅值直接影响精度和不确定度。为评价测试准确性,引入了最大电流功率比(MCR),以表示功率和电流峰值的关系,如下式所示:

最大电流功率比(MCR) = $\frac{\text{波峰因数}(CF)}{\text{功率因数}(PF)}$ (1)

表 1 某样机电饭锅不同电流量程的测量结果

电流量程/(mA)	试验电压/(V)	电流/(mA)	电流峰值/(mA)	波峰因数 CF	功率因数 PF	功率/(mW)
10	220. 03	4. 862	27. 695	5. 696	0. 387 9	415
20	220. 02	7. 746	49. 483	6. 388	0. 362 6	618
50	219. 91	8. 401	59. 197	7. 045	0. 353 7	654
100	219. 62	8. 39	59. 21	7. 056	0. 354 3	653

表 2 某样机豆浆机不同电流量程的测量结果

电流量程/(mA)	试验电压/(V)	电流/(mA)	电流峰值/(mA)	波峰因数 CF	功率因数 PF	功率/(mW)
20	220. 53	21. 016	57. 898	2. 756	0. 172 8	750
50	220. 42	22. 363	58. 845	2. 631	0. 174 8	834
100	220. 11	22. 35	58. 18	2. 603	0. 169 6	835
200	220. 20	22. 31	58. 28	2. 622	0. 169 2	832

从表 1、表 2 分析,样品电饭锅的波峰因数约为 7, 电流有效值为 8. 40 mA,测试的最佳量程是 50 mA,若

最大电流功率比 MCR 表征电流峰值对有功功率的贡献率,值越大表示电流峰值对功率的贡献越小。对于 MCR 大的产品,由于测试技术限制无法做到高精度的测量,为协调测试精度和测试技术间的矛盾,标准给出了不同 MCR 条件下的准确度的要求:

当 $MCR \leq 10$ 时,测量不确定度为 $Rdg \times 2\%$ 或 $0. 02\text{ W}(k = 2)$,取大者。

当 $MCR > 10$ 时,测量不确定度为 $Rdg \times U_{pc}$ 或 $0. 02\text{ W}(k = 2)$,取大者。

以待机功率 1 W 的设备为例, $MCR \leq 10$ 时,允许测量不确定度为 $0. 02\text{ W}$,相对不确定度为 2% ;当 $MCR = 100$ 时,允许测量不确定度为 $0. 16\text{ W}$,相对不确定度为 16% 。待机功耗的不确定度限值,不仅和测试值有关,并且和家电产品待机波峰因数和功率因数有密切的联系。而波峰因数和功率因数也同时决定了功率计量程的选取,以横河 WT1800 功率分析仪为例进行待机功耗测试过程,假设被测电器的 $CF = 5$, $PF = 0. 1$,待机功率为 1 W ,电器额定电压为 220 V 。

电流有效值:

$I_{rms} = \frac{P}{V_s \times PF} = \frac{1}{220 \times 0. 1} \approx 46(\text{mA})$ (2)

峰值电流:

$I_{peak} = \frac{P}{V_s} \cdot MCR = \frac{1}{220} \times 50 \approx 228(\text{mA})$ (3)

测量允许误差: $(K = 2)U = 1 \times 0. 02 \times (1 + 0. 08 \times (MCR - 10)) = 0. 084(\text{W})$ (4)

电流量程按照有效值选取如式(2),应大于 46 mA ,按照峰值选取如式(3),应大于 76 mA (横河 WT1800 仪器默认波峰因素 CF 值为 3),为保证测试准确性防止传感器饱和,功耗测量电流量程取 100 mA 。

为进一步说明测试量程对测试结果的影响,本研究对同一台样机用不同的量程进行待机功率的测量,测量结果如表 1、表 2 所示。

按照有效值选取量程 10 mA,测试结果因电流互感器饱和会出现偏差;样品豆浆机波峰因数约为 2.6,电流有效值为 22.36 mA,测试最佳量程为 50 mA,可按照有效值选取量程即可。

待机功耗测量精度因工作电流为非正弦以及低功率因数变得复杂。在测量时,通过评定测试结果的不确定度来确定测试结果是否有效,总结测试过程流程图如图 2 所示。

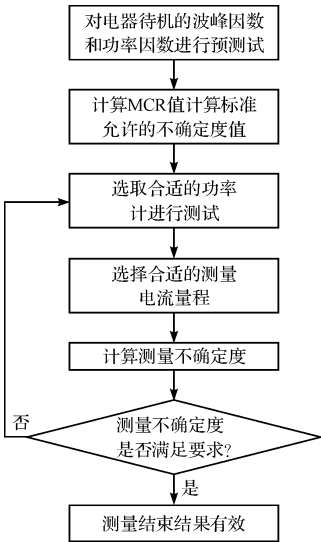


图2 待机功耗测试流程图

2 数字功率计接线方式及结果修正

数值功率计通过采样电压、电流信号,计算功率值,在测试功率时,有两种接线方式如图 3 所示。

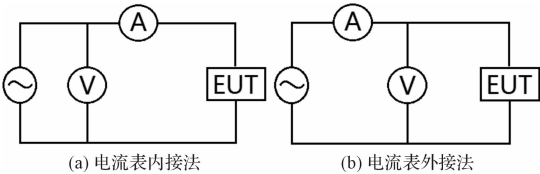


图3 功率计接线方式

这两种接线方式,都会引入功率测量的误差,图 3(a) 内接法误差来源为电流表消耗的功率式(5),图 3(b) 外接法误差来源是电压表消耗的功率公式(6):

$$P_{EUT} = P_{read} - I_{EUT}^2 \cdot R_A \tag{5}$$

表3 试验用功率计的相关参数

型号	测量范围	最小量程	功率精度	波峰因数	电流表内阻	电压表内阻
WT1800	1 000 V/5 A	10 mA	0.1% 读数 + 0.05% 量程	CF = 3	100 mΩ	2 MΩ
WT310E	1 000 V/20 A	5 mA	0.25% 读数 + 0.5% 量程	CF = 3	500 mΩ	2 MΩ

某样品电饭锅和某样品电磁炉测试结果如表 4、表 5 所示。

表4 某样品电饭锅测试数据及分析汇总

功率计及量程选择	接线方式	试验电压/V	实测电流/mA	电流峰值/mA	波峰因数CF	功率因数PF	最大电流功率比MCR	实测功率/mW	功率修正/mW	允许误差/mW	测量误差/mW
WT1800 300 V/50 mA	图 3(a)	220.05	19.755	130.78	6.620	0.3141	21.1	1 366	0.04	51.5	8.9
WT310E 300 V/50 mA	图 3(a)	220.10	21.63	/	/	0.293	/	1 390	0.22	51.5	78

$$P_{EUT} = P_{read} - \frac{U_{EUT}^2}{R_V} \tag{6}$$

式中: P_{EUT} —EUT 消耗的实际功率, P_{read} —功率计的实际读数, I_{EUT} —EUT 的工作电流, V_{EUT} 为 EUT 的工作电压, R_A —电流表的导通电阻, R_V —电压表的内阻。

在实际测试中,应选择测试仪表消耗功耗较小的接线方式进行测试,当电流表消耗功率小于电压表消耗功率时选择如图 3(a)所示的内接法,反之选择如图 3(b)所示的外接法进行功率测量。

本研究以横河高精度功率分析仪 WT1800 为例,说明书给出 5 A 模块的电流表导通内阻为 100 mΩ,电压测量模块的内阻为 2 MΩ,用以测量额定电压为 220 V 的器具的功率测量时,修正曲线如图 4 所示。

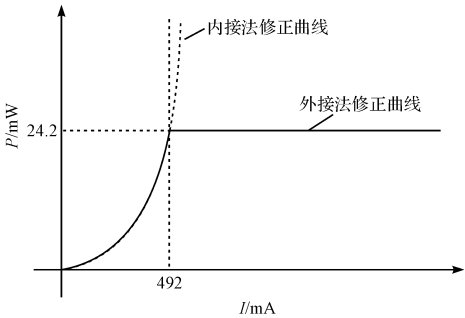


图4 功率计接线方式修正曲线

当器具工作电流小于 492 mA 时,笔者采用图3(a)的接线方式,功率的修正值为,当电流大于 493 mA 时,采用图 3(b)的接线方式,功率修正值为 24.2 mW。

3 待机功耗测试实例及测试结果分析

经上述分析,电器产品待机功耗的测试及测试仪器、精度控制按照图 2 的流程进行,为进一步说明测试、仪器和精度控制之间的关系,本研究选择了电器产品中常见的电磁炉和电饭锅作为测试样品,分别用横河高精度功率计 WT1800 和普通功率计 WT310E 对这两个产品的待机功耗进行测试,厂家给出两个功率计的相关参数如表 3 所示^[8-9]。

表 5 某样品电磁炉测试数据及分析汇总

功率计及量程选择	接线方式	试验电压/ V	实测电流/ mA	电流峰值/ mA	波峰因数 CF	功率因数 PF	最大电流功 率比 MCR	实测功率/ mW	功率修正/ mW	允许误差/ mW	测量误差/ mW
WT1800 300 V/200 mA	图 3(a)	220.00	138.78	204.34	1.526	0.0311	49.1	949	1.9	82.6	31.0
WT310E 300 V/200 mA	图 3(a)	220.11	194.2	/	/	0.021	/	951	18.9	82.6	302

标准对待机功耗测量相对不确定度是 2% 或 0.02 W,对于功率计的分辨率要求 0.01 W,但实际检测案例发现,电饭锅波峰因数大,允许不确定度为 51.5 mW,用 WT1800 测量引入的不确定度为 8.9 mW,用 WT310E 引入的不确定度为 78 mW;电磁炉的功率因数低,允许不确定度为 82.6 mW,用 WT1800 测量引入的不确定度为 31 mW,用 WT310E 测量引入的不确定度为 302 mW;同等精度的仪表,无法满足测量要求,需要更高精度的功率计才能符合测试精度要求,WT1800 功率计在本研究两个案例中能够满足测试精度的要求,而 WT310E 功率计则无法满足测试精度要求。在分析中发现功率计误差中最大的组成部分是测试量程引起,由于功率因数低、波峰因数大这样就导致,用大功率档测量小功率,该案例中用于电饭锅测量的功率量程为 15 W,用于电磁炉测量的功率量程为 60 W,在测量 1 W 左右的待机功耗时,相对不确定度会增大,导致仪器的测量精度不符合标准要求。

国内相关电器产品能效测试标准,对待机功耗测试方法不够详细,例如 GB12021.6-2008 自动电饭锅能效限定值及能效等级,对于仪表仅提出电能表的精度不低于 $\pm 0.5\%$,而测试量程、测试结果评定方法都没有规定,测试结果的不确定度没有进行量化规定,因此各方做的待机功耗测试结果往往没有可比性,家电产品待机功耗测试的标准化有待进一步加强和细化。

4 结束语

本研究对家电产品的待机功耗测试进行分析,并通过实际样品加以验证。结果表明,在测试待机功耗时,应根据被测样品的电流有效值和波峰因数选择合适的电流量程,防止电流传感器饱和引起额外的测量误差;并给出了功率计接线方式的选取原则以及相应

接线方式的修正曲线和修正值,当接线方式引起的偏差较大时,应予以补偿和修正;给出了测量结果的允许误差和测量误差的计算方法,待机功耗测量结果有效性应通过测量的误差进行判定,当测量误差小于允许误差时,测量结果有效,否则测试结果无效,并应选择更高精度功率仪表进行重新测试。

本研究的结论对待机功耗的测试具有一定理论和实践意义,有助于待机功耗测试的标准化和规范化。

参考文献(References):

[1] 曾延光. 各国待机能效要求比对分析[J]. **Electronics Quality**,2011(2):57-58.

[2] 刘学会,王永刚,张 伟,等. 非正弦电流电网的功率因数及其测量[J]. 电测与仪表,2004,41(1):23-25.

[3] 陈国炎,卓 蓓. 非正弦状态下有功功率和功率因数测试[J]. 电测与仪表,2006,43(12):12-15,52.

[4] 李 志. 非工频电源下功率因数测量方法的研究[J]. 湖南工程学院学报:自然科学版,2015,25(3):6-9.

[5] GB 17625.1-2012. 电磁兼容. 限值、谐波电流发射限值(设备每相输入电流 $\leq 16A$)[S]. 北京:中国标准出版社,2013.

[6] 梁安平. 开关电源有源功率因数校正电路的设计与仿真研究[D]. 南昌:华东交通大学电气与自动化工程学院,2009.

[7] 陈臻波. 一种新型智能型无功补偿控制系统[J]. 轻工机械,2015,33(3):46-49.

[8] YOKOGAWA. WT1800 Precision Power Analyzer user's manual[M]. Tokyo: Edition, Yokogawa Meters & Instruments Corporation,2015.

[9] YOKOGAWA, WT310E Digital Power Meter Getting Started Guide[M]. Tokyo: Edition, Yokogawa Meters & Instruments Corporation,2014.

[编辑:周昱晨]

本文引用格式: